



Revista Logos Ciencia & Tecnología

ISSN: 2145-549X

ISSN: 2422-4200

Policía Nacional de Colombia

González Forero, Rosalina; Méndez Torres, Yeferson Stiven; Contenido Rubio, Oscar Fernando
La Policía Ambiental y Ecológica como garante de protección ante la contaminación del recurso suelo
Revista Logos Ciencia & Tecnología, vol. 15, núm. 1, 2023, Enero-Abril, pp. 33-48
Policía Nacional de Colombia

DOI: <https://doi.org/10.22335/rict.v15i1.1703>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=517775555004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org



Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

La Policía Ambiental y Ecológica como garante de protección ante la contaminación del recurso suelo

The Environmental and Ecological Police as a Protection Guarantor against the Contamination of Soil Resources

A Polícia Ambiental e Ecológica como Garante da Proteção contra a Contaminação dos Recursos do Solo

Rosalina González Forero*^a | Yeferson Stiven Méndez Torres^b | Oscar Fernando Contento Rubio^c

a <https://orcid.org/0000-0002-5860-657X> Universidad de La Salle, Bogotá D. C., Colombia

b <https://orcid.org/0000-0002-5526-8691> Universidad de La Salle, Bogotá D. C., Colombia

c <https://orcid.org/0000-0002-2958-9491> Universidad de La Salle, Bogotá D. C., Colombia

- Fecha de recepción: 2022-11-11
- Fecha concepto de evaluación: 2022-11-24
- Fecha de aprobación: 2022-11-26

<https://doi.org/10.22335/rict.v15i1.1703>

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: González Forero, R., Méndez Torres, Y. S., y Contento Rubio, O. F. (2023). La Policía Ambiental y Ecológica como garante de protección ante la contaminación del recurso suelo. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 15(1), 33-48. <https://doi.org/10.22335/rict.v15i1.1703>

RESUMEN

La Policía Nacional de Colombia cuenta con el Área de Protección Ambiental y Ecológica, a través de la cual aúna esfuerzos con las autoridades ambientales para proteger los recursos naturales. Dentro de sus funciones específicas se encuentra la de detectar fuentes contaminantes antrópicas y determinar los efectos que estas ocasionan. En este contexto, un tema novedoso es el vertimiento al suelo. En Colombia, el Decreto 50/2018 y la Resolución 699/2021 permiten dicho vertimiento y establecen los parámetros límite del agua vertida. Al ser un tema nuevo, la Corporación Autónoma Regional [CAR] de Cundinamarca, la Universidad de La Salle [Unisalle] y la Policía Nacional de Colombia se unieron para establecer una metodología en el control del cumplimiento normativo, realizando un análisis de disposición, vocación y uso del suelo; contaminantes asociados a los vertidos y al suelo; y efectos de los vertimientos en la biota edáfica. El método propuesto fue puesto a prueba en la jurisdicción CAR, observándose su pertinencia general; sin embargo, se detectó una falta de información científica referente a la biota, que podría comprometer el dictamen de las autoridades ambientales/policivas y violar la Ley 2111/2021 (Congreso de la República), que indica lo siguiente: el que realice directamente vertimientos al suelo poniendo en peligro la salud humana y recursos naturales incurrirá en prisión. Debido a lo anterior, se sugiere fortalecer la investigación en este tema.

Palabras Clave: biota del suelo, salud ambiental, análisis normativo.

ABSTRACT

The National Police of Colombia has the Environmental and Ecological Protection Area, which joins efforts with the environmental authorities to protect natural resources. One of its specific functions is detecting anthropogenic contaminating sources and determining the effects that they cause. In this context, a new emerging topic is the dumping on the ground. In Colombia, Decree 50/2018 and Resolution 699/2021 allow the dumping and establish the limit parameters of the water discharged. Being a new topic, the CAR, Unisalle and the Police, joined forces to



* Autor de correspondencia. Correo electrónico: rogonzalez@unisalle.edu.co

establish a methodology to control the regulatory compliance, to do that, an analysis of the disposition, vocation, and use of the land; pollutants associated with discharges and the soil; and effects of discharges on the edaphic biota. The proposed method was tested in the CAR jurisdiction, observing that it has a general relevance; however, a lack of scientific information regarding the biota was detected. This issue could compromise the opinion of the environmental/police authorities and violate Law 2111/2021, which indicates: whoever directly discharges onto the ground, endangering human health and natural resources will incur in prison. So, it is suggested to strengthen research on this topic.

Keywords: Soil Biota, Environmental Health, Wastewater, Regulatory Analysis.

RESUMO

A Polícia Nacional da Colômbia conta com a Área de Proteção Ambiental e Ecológica, que soma esforços com as autoridades ambientais para proteger os recursos naturais. Uma de suas funções específicas é detectar fontes contaminantes antrópicas e determinar os efeitos que elas causam. Nesse contexto, um novo tema emergente é o despejo no solo. Na Colômbia, o Decreto 50/2018 e a Resolução 699/2021 permitem o despejo e estabelecem os parâmetros limite da água lançada. Por ser um tema novo, a CAR, a Unisalle e a Polícia, uniram forças para estabelecer uma metodologia de controle do cumprimento normativo, para isso, uma análise da disposição, vocação e uso do terreno; poluentes associados às descargas e ao solo; e efeitos das descargas na biota edáfica. O método proposto foi testado na jurisdição do CAR, observando-se que tem relevância geral; no entanto, detectou-se a falta de informações científicas sobre a biota. Esta questão pode comprometer a opinião das autoridades ambientais/policiais e infringir a Lei 2.111/2021, que determina: incorrerá em prisão quem descarregar diretamente no solo, colocando em risco a saúde humana e os recursos naturais. Assim, sugere-se fortalecer as pesquisas sobre esse tema.

Palavras-chave: Biota do Solo, Saúde Ambiental, Águas Residuais, Análise Regulatória.

Introducción

La Policía Ambiental y Ecológica es un gran soporte a las autoridades ambientales en Colombia, ya que ella acompaña procedimientos administrativos de control en el tema, se encuentra en todo el territorio nacional y tiene un componente técnico robusto debido a que sus miembros están capacitados para atender problemas ambientales, realizar monitoreos, evaluar impactos, identificar contaminantes, participar en grupos interdisciplinarios para la solución de problemas ambientales, y supervisar el cumplimiento normativo ambiental (Policía Nacional, 2022). Estas funciones le permiten proteger el suelo, apoyando el cumplimiento de la Ley en la verificación de los procedimientos que la misma determine.

En el caso de los vertimientos, es importante indicar que estos se definen según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015) como la "Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido". Dentro de ellos se destacan los vertimientos domésticos y los no domésticos y su diferencia radica en las sustancias a con-

trolar en las cantidades que la ley determine. Para el caso particular de los vertimientos al suelo, la Resolución 699 de 2021 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021) indica que está permitido que este recurso reciba descargas de materia orgánica, detergentes, sólidos, compuestos de fósforo, compuestos de nitrógeno, compuestos salinos, metales y metaloides, hidrocarburos y coliformes totales.

Como la norma es reciente, se propuso un método para su control y se escogió una zona de estudio para verificar su efectividad. Dicha zona fue la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional [CAR] de Cundinamarca, la cual cuenta con 104 municipios: 98 pertenecientes al departamento de Cundinamarca, 6 al departamento de Boyacá y la zona rural del Distrito Capital de Bogotá D. C., distribuidos en siete regionales: Sabana de Occidente, Sumapaz, Tequendama / Alto Magdalena, Rionegro, Gualivá / Magdalena Centro, Sabana Norte y Almeidas (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR, s.f.). Se escogió esta zona debido a que es una de las corporaciones con información ambiental más completa, en este caso de los recursos agua y suelo. Allí se aplicó la metodología, se analizó su efectivi-

dad en este tipo de casos y se determinó la pertinencia del apoyo de la Policía Ambiental y Ecológica en procedimientos relacionados con el tema.

■ Metodología

Con el fin de ejercer un control del cumplimiento de la Resolución 699 de 2021 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021), sin causar una violación de la Ley 2111/2021 (Congreso de la República) se propusieron las siguientes fases:

1. Identificación del proceso de disposición de vertimientos en suelos y diagnóstico de suelos de la jurisdicción de la CAR Cundinamarca.
2. Identificación y cuantificación de las variables que impactan de manera directa los suelos por vertimientos.
3. Determinación de los efectos del vertido en las comunidades biológicas del suelo.

Fase 1. *Identificación del proceso de disposición de vertimientos en suelos y diagnóstico de suelos de la jurisdicción de la CAR.* Para ello, se realizó una entrevista semiestructurada a los funcionarios de las áreas de Suelos y Aguas de la CAR Cundinamarca. Así se pudo establecer cómo se desarrolla este proceso de vertimiento para su posterior análisis documental. Adicionalmente, se consultaron caracterizaciones de suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC] y se solicitó a la Corporación la misma para los suelos de la jurisdicción. De ese apoyo se recibió información relacionada con el año 2019. Esta identificación permitió establecer la línea base del recurso que iba a ser impactado.

Fase 2. *Identificación y cuantificación de las variables que impactan de manera directa los suelos por vertimientos.* Con el fin de establecer las características propias de los vertidos que pueden impactar los suelos, y debido a lo disperso de la información, que en algunos casos, tuvo que ser generada, se desarrollaron las siguientes actividades: establecimiento de determinantes potenciales de vertimientos que

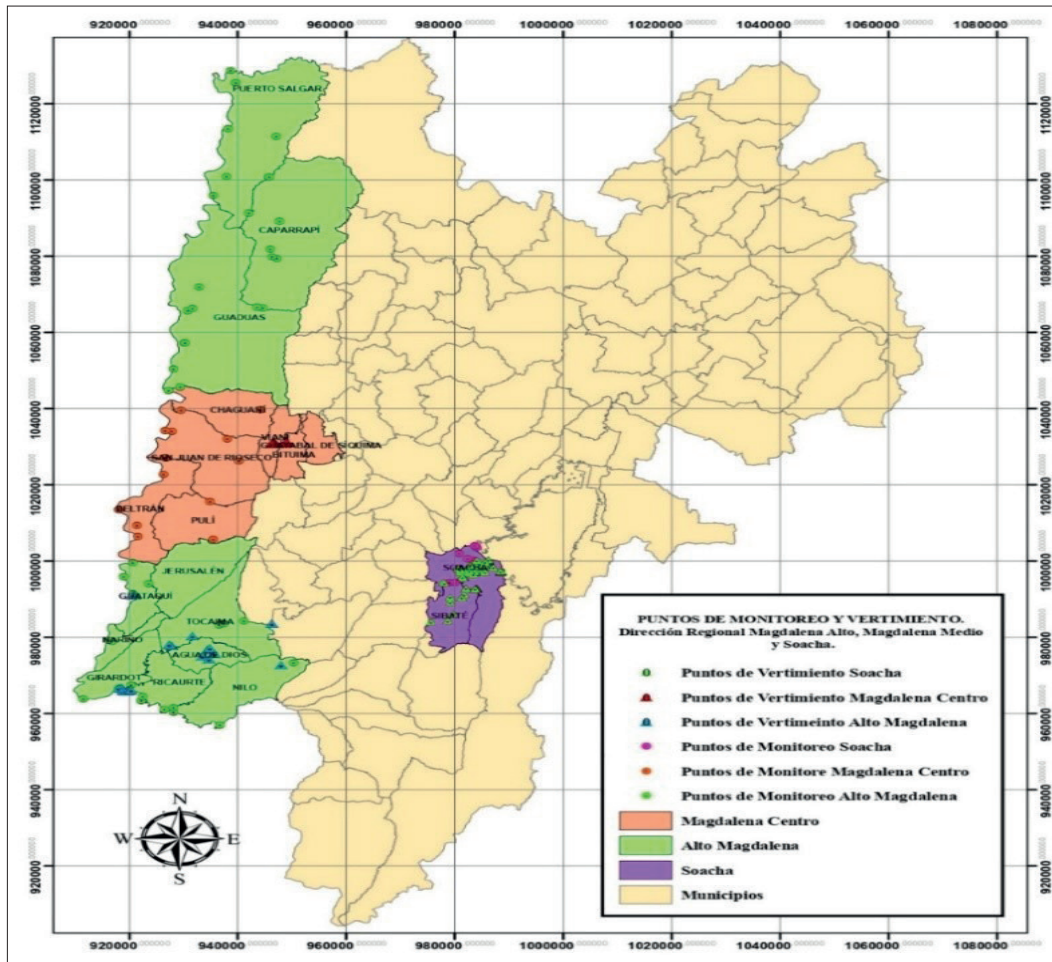
se generan en la zona objeto de estudio de acuerdo con las vocaciones de uso del suelo, uso actual del mismo, actividades económicas de la zona, cobertura de acueducto y alcantarillado, capacidad de desarrollo en sistemas de manejo de los vertimientos; por otra parte, se recopiló información de actividades económicas de importancia desde la revisión de los planes de ordenamiento territorial, eso permitió establecer las características de los vertidos.

También en esta fase se realizó la caracterización de la jurisdicción mediante el levantamiento de información asociada a vertimientos y compilación de información correspondiente a la caracterización química por municipio, de acuerdo con las estaciones de monitoreo. Para lo anterior, se observó que la corporación realiza el seguimiento al recurso hídrico en diez cuencas hidrográficas correspondientes a los ríos Bogotá, Sumapaz, Seco y otros afluentes directos al Magdalena, Alto Suárez, Medio y Bajo Suárez, Carare, Negro, Guayuriba, Gargaña y Guavio, a través del monitoreo y análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos distribuidos en dos campañas realizadas anualmente. Esta información se descargó y se ubicó en mapas que contienen la disposición espacial de los puntos reportados por la CAR para las jurisdicciones. La figura 1 muestra un ejemplo de lo realizado para la dirección Regional de Magdalena Alto, Medio y Soacha (CAR, 2020). Posteriormente, esta información se cruzó con los datos de suelos de la etapa anterior para observar impactos potenciales.

Fase 3. *Determinación de los efectos del vertido en las comunidades biológicas del suelo.* Se analizaron las variables que impactan de manera directa los suelos por vertimientos, consideradas en la etapa anterior, y se consultó información secundaria de investigaciones asociadas al impacto en dichas comunidades. Así se pudo determinar el efecto final y establecer si se cumple con lo estipulado por la Ley 2111 de 2021 (Congreso de la República), en lo concerniente a los delitos ambientales. Eso también permitió analizar la pertinencia del apoyo de la Policía Ambiental y Ecológica en este tipo de procedimientos, y su ejercicio como garante de protección del recurso suelo ante la posibilidad de contaminación.

Figura 1

Mapa de los puntos de monitoreo y vertimientos de las jurisdicciones de Magdalena Alto, Magdalena Medio y Soacha



Nota. Adaptado de datos abiertos CAR, 2020.

Resultados y discusión

Identificación del proceso de disposición de vertimientos en suelos y diagnóstico de suelos de la jurisdicción de la CAR

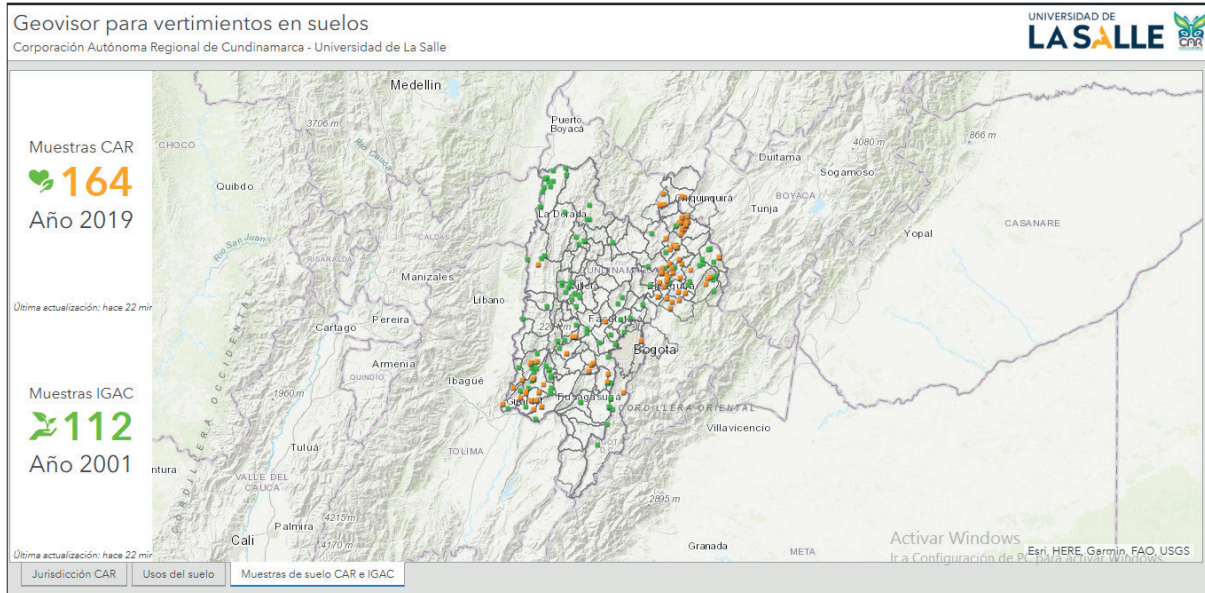
Desafortunadamente, los resultados de la entrevista semiestructurada a los funcionarios de las áreas de Suelos y Aguas de la CAR Cundinamarca fueron nulos, ya que las personas del área de suelos nunca han analizado un permiso de vertimientos y las del área del agua indicaron que ello no es de su competencia. Lo anterior indica que este procedimiento no se ha realizado tal como lo indica la Resolución 699/2021 y los vertimientos al suelo no están siendo controlados en la jurisdicción CAR Cundinamarca para el momento de la realización

del estudio (2020-2021). En este punto, conviene mencionar que la metodología propuesta constituye una importante herramienta para la futura verificación de cumplimiento normativo.

En cuanto al diagnóstico de suelos de la jurisdicción, se procedió a ubicar caracterizaciones físicoquímicas del mismo. Con ese propósito, se encontraron datos generados por el IGAC en 2001 y la caracterización de la CAR Cundinamarca de 2019. Se buscó comparar los datos y analizar posibles variaciones en composición por este fenómeno de los vertimientos. Es de anotar que los datos del IGAC aportaron el muestreo de 51 municipios, frente a 27 realizados por la CAR Cundinamarca. La figura 2 muestra los puntos de las caracterizaciones de suelo.

Figura 2

Puntos de muestreo IGAC y CAR Cundinamarca



Nota. Proyecto de Investigación UNISALLE-CAR, 2020.

Las variables analizadas en los muestreos del IGAC fueron: profundidad, horizonte, mes y año de muestreo, pH (1:1), porcentaje de carbono orgánico, capacidad de intercambio catiónico absoluta, capacidad de intercambio catiónico efectiva, capacidad de intercambio catiónico variable, porcentaje de saturación de bases, fósforo, carbonato de calcio y bases intercambiables (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y Na^+). Y las de CAR Cundinamarca: punto de muestreo, municipio, vereda, finca, productor, descripción del sitio, observaciones, muestra, lote, coordenada norte, coordenada este, conductividad, pH, carbono orgánico total, capacidad de intercambio catiónica [CIC], fósforo, textura, densidad aparente, humedad, sodio, magnesio, potasio y calcio.

Lo anterior y la figura 3 evidencian una situación compleja que tiene que ver con que los puntos muestreados por ambas entidades son diferentes en ubicación, distribución espacial y variables analizadas. Eso dificulta su comparación y deja evidencia una situación difícil para la Policía Ambiental y Ecológica a la hora de establecer un daño al recurso natural debido a la imposibilidad de comparar con una línea base previa. Pese a lo anterior, se procedió a revisar las variables analizadas de las caracterizaciones del IGAC (en 2001) y de la CAR Cundinamarca

(en 2019), que revisten importancia a la hora de evaluar disposición de vertimientos en los suelos, ya que fenómenos como la capacidad de infiltración, retención de agua y disponibilidad y retención de nutrientes en los suelos son afectados y evaluados con algunas de las variables disponibles como textura, granulometría, densidad aparente, pH, CIC, bases intercambiables y carbono orgánico. Para ello, cada variable se analizó de forma independiente para cada zona de la jurisdicción. De esa forma se estableció su incidencia en el vertido y, con esta información, se elaboró un Geovisor (Software que permite visualizar información espacial) donde fueron dispuestos los datos para visualizar en conjunto la problemática de la jurisdicción¹.

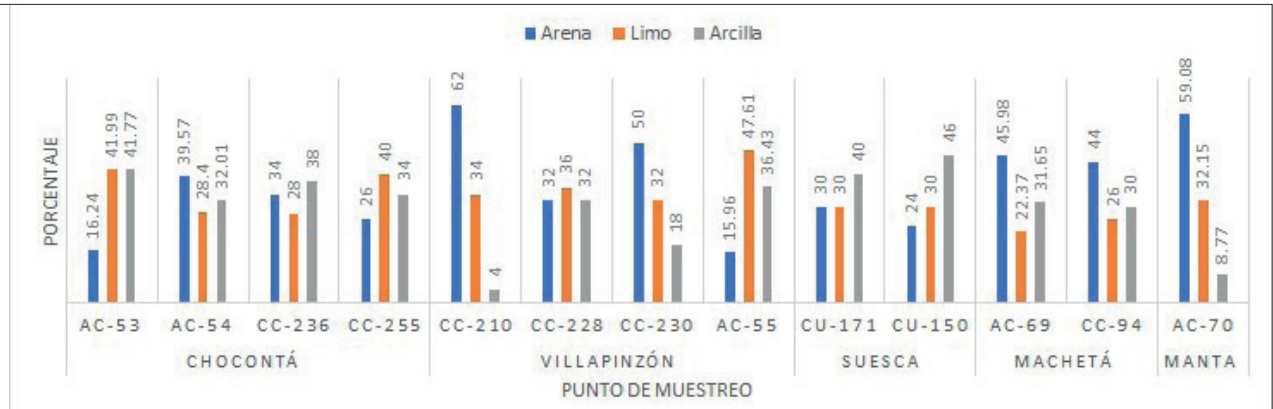
A continuación, se aprecia un ejemplo para la textura y granulometría de los suelos, en la zona de Almeidas. Se escogió la textura ya que esta se asocia a la fertilidad y a la habilidad de retener agua, aire, drenaje y contenido de materia orgánica entre otros (FAO, 2020); ella permite asociar propiedades de los vertidos en suelos (Ibáñez, 2006). Adicionalmente, la granulometría ayuda a reconocer las partículas constitutivas del suelo según el tamaño, así como el porcentaje de cada una (UCA, 1996),

¹ Este Geovisor se encuentra en la siguiente dirección electrónica: <https://unisalle.maps.arcgis.com/home/item.html?id=ec1cd857f2ab48b28501b043c16b22b4>

lo que permite inferir que cuanto mayor tamaño tiene la partícula más rápida es la infiltración y menor el agua retenida por los suelos. Por ello los datos de la CAR Cundinamarca son importantes ya que clasifican los suelos arenosos como muy permeables con retención de agua o capacidad de campo baja; los suelos limosos, de permeabilidad variable con buena cantidad de agua disponible; y los arcillosos que retienen gran cantidad de agua (Ibáñez, 2006).

Para el caso de Almeidas, se aprecia en la figura 3 que los municipios de Suesca y Chocontá presentan un porcentaje importante de arcilla y, por ende, buena retención de agua. Por su parte, en los municipios de Villapinzón, Machetá, Manta y —de nuevo— Chocontá se encuentran suelos con un alto contenido de arena o de rápida infiltración.

Figura 3
Granulometría Almeidas



Nota. Proyecto de Investigación UNISALLE-CAR, 2020.

Adicionalmente, la información de CAR Cundinamarca (ver tabla 1) presenta las texturas. Según esos datos, el 28.6 % de los municipios de Almeidas tiene rápida infiltración y baja

disponibilidad de agua; el 57.2 % tiene rápida infiltración y alta retención de agua; y el 14.3 % cuenta con una retención de agua considerable, debido a la presencia de texturas limosas.

Tabla 1
Textura del suelo de Almeidas, 2019

Almeidas			
Municipio	Punto de muestreo	Textura	Comportamiento
Suesca	127	Franco arenoso	Rápida infiltración y baja disponibilidad de agua.
	128	Franco arenoso	
	129	Franco arcilloso arenoso	Disponibilidad de agua considerable.
	130	Franco arcilloso	Rápida infiltración y alta disponibilidad de agua.
	117	Franco	Disponibilidad de agua considerable.
	118	Franco arcilloso	Rápida infiltración y alta disponibilidad de agua.
	32	Franco arenoso	Rápida infiltración y baja disponibilidad de agua.

Almeidas			
Municipio	Punto de muestreo	Textura	Comportamiento
Sesquilé	113	Franco arcilloso	Rápida infiltración y alta disponibilidad de agua.
	114	Franco arenoso	Rápida infiltración y baja disponibilidad de agua.
	115	Franco arcilloso	Rápida infiltración y alta disponibilidad de agua.
	116	Arcilloso	
Machetá	57	Franco arcilloso	Rápida infiltración y alta disponibilidad de agua.
	58	Arcilloso	
	59	Franco arcilloso	

Nota. Proyecto de Investigación UNISALLE-CAR, 2020.

En el contexto del cumplimiento normativo, esta información es importante ya que un suelo con mucha retención causará un mayor impacto a la biota del suelo, comparado con aquellos que drenan más rápidamente; esto sucede debido a que el agua que ha recibido sustancias extrañas permanecerá más tiempo superficialmente. Es importante cruzar estos datos con los del vertimiento, ya que, según la Resolución 699/2021, eso permite a los suelos con menores velocidades de infiltración mayor carga contaminante; algo que puede ser más perjudicial en la biología del suelo. Este es otro indicio de la importancia que tiene realizar un análisis más profundo que involucre a funcionarios capacitados como los de la Policía Ambiental y Ecológica.

Caracterización de las jurisdicciones con el levantamiento de información asociada a vertimientos y compilación de información correspondiente a la caracterización por municipio

Para esta fase se analizó la disposición poblacional que corresponde a la densidad de población en los municipios de las jurisdicciones para establecer la distribución social en el uso del agua en las zonas rural y urbana e identificar las calidades de vertimientos, así como la presencia o ausencia de disposición de estos vertimientos por sistemas de alcantarillado. Se utilizaron los datos del Censo Nacional del 2018 realizado por el DANE. Un ejemplo puede ser observado en la tabla 2.

Tabla 2

Disposición población municipal, dirección Alto Magdalena.

Dirección regional	Municipio	Población rural	Población urbana	Población total
Alto Magdalena	Agua de Dios	2,413	8,121	10,534
	Girardot	3,479	104,317	107,796
	Guataquí	1,308	1,425	2,733
	Jerusalén	2,433	698	3,131

Nota. DANE, 2018.

También se consultó la vocación de uso del suelo. Para ello fueron usados los datos reportados en las fichas de información de línea base para el proceso de concertación de metas de carga contaminante que dispone la CAR Cundinamarca,

con el propósito de determinar la actividad a la que debería someterse el suelo y analizar si los posibles vertimientos en el mismo son aceptables. Ejemplo de ello se encuentra en la tabla 3.

Tabla 3

Ejemplo de vocación de uso del suelo municipal, dirección Alto Magdalena

Dirección regional	Municipio	Vocación de uso del suelo	Nivel de complejidad
Alto Magdalena	Agua de Dios	Turismo	Medio
	Girardot	Turismo	Alta
	Guataquí	Agrícola	Bajo
	Jerusalén	Agrícola	Bajo
	Nariño	No reporta	No reporta
	Nilo	Agropecuaria	Medio alto

Nota. IGAC, 2014.

Otro aspecto clave en el proceso de consulta fue la revisión del uso actual del suelo. Esto sirvió para comparar la información mostrada sobre vocación de uso de suelo. Para ello se analizó la información de la CAR Cundinamarca y se generaron mapas realizados con ArcMap, con las capas de uso de suelo de la jurisdicción y zonificación de los POMCA de las cuencas de los ríos correspondientes. Al hacer la compara-

ción, según el IGAC, la mitad de los municipios de Cundinamarca presenta conflicto de uso de suelos: el 51 % de los suelos se han visto afectados por sobreutilización, en especial por uso del sector agropecuario. Con esta información, se determinaron los potenciales contaminantes asociados a los usos del suelo, lo que permite inferir las posibles afectaciones que se pueden presentar en el recurso.

Tabla 4

Contaminantes asociados a los usos del suelo

Vocación y actividades de uso del suelo	Posibles contaminantes asociados
Agrícola y Agropecuaria	Fertilizantes (metales pesados), estiércol, plaguicidas (carbamatos, plaguicidas clorados, organofosforados, piretroides, etc.)
Ganadería	Compuestos Orgánicos Volátiles, Fenoles, Formaldehidos, Estiércol, PAH, Plaguicidas
Minería	Compuestos Orgánicos Volátiles, Fenoles, Ftalatos, Hidrocarburos aromáticos monocíclicos, Metales Pesados, Hidrocarburos
Residencial	Aceites y grasas, Sustancias orgánicas

Nota. Semarnat, 2006.

Como complemento relevante, hay que decir que se recopiló la información de cada uno de los municipios respecto a las características de los sistemas de alcantarillado disponibles en cada uno de ellos y la presencia o no de

sistemas de tratamiento de agua residual; esto permite un reconocimiento de las dinámicas de manejo de las aguas en cada municipio, dado que estas características se pueden asociar a posibles temas de salubridad.

Tabla 5

Sistemas de acueducto y alcantarillado municipales, dirección Bogotá - La Calera

Municipio	Tipo de sistema de tratamiento de agua residual	Alcantarillado			
		Prestación del servicio en el área	% de cobertura del sistema	Tipo de sistema (pluvial, sanitario, combinado)	Aportes de Carga representativa
Bogotá	En PSMV se proyecta la construcción de la fase 1 de la Planta de Tratamiento de Agua Residual [PTAR] entre 2015-2017. En el PSMV aprobado no se incluye la PTAR Salitre porque es indirecto al río Bogotá y vierte dentro de la jurisdicción de la Secretaría Distrital de Ambiente [SDA].	Cabecera municipal	100 % Cuenta con plan maestro de acueducto y alcantarillado	Combinado	Industrias
La Calera	PTAR. Reactor tipo SBR	Cabecera municipal	94% No hay reporte	Combinado	No hay reporte

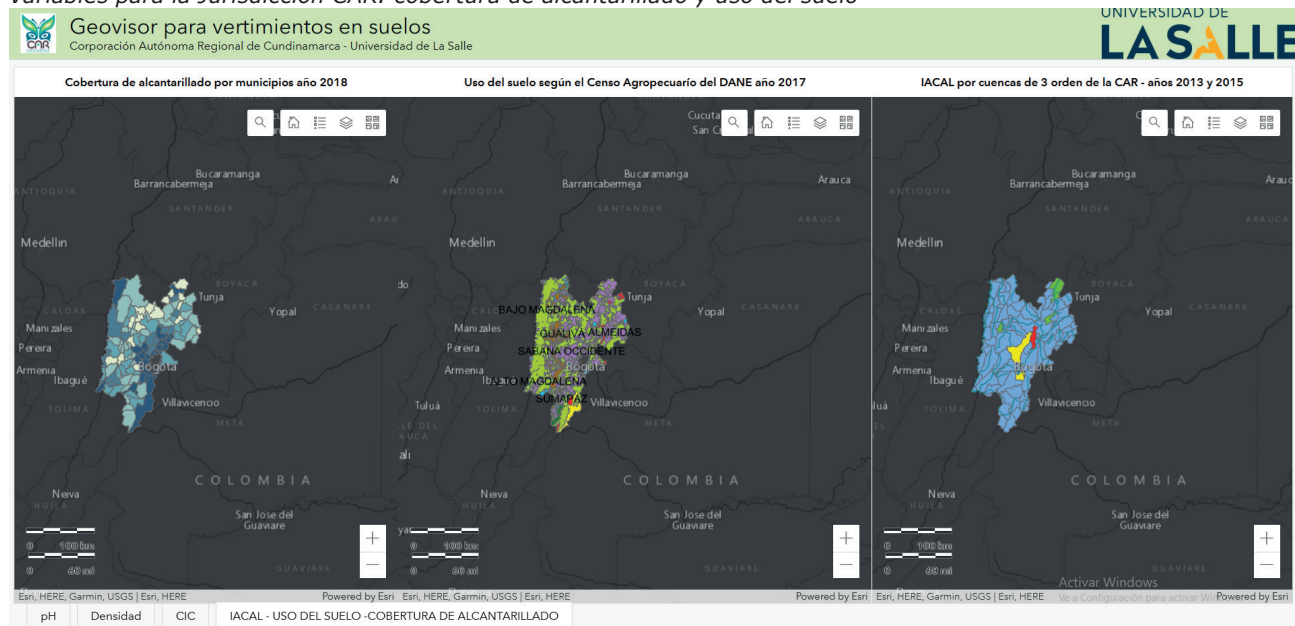
Nota. CAR, 2020.

Toda esta información se superpuso en el Geovisor con el fin de visualizar las variables anteriormente mencionadas y tener una herramienta de decisión frente a la situación de

los municipios. En la Figura 4 se aprecia una imagen de la comparación de variables de cobertura de alcantarillado y uso del suelo.

Figura 4

Variables para la Jurisdicción CAR: cobertura de alcantarillado y uso del suelo



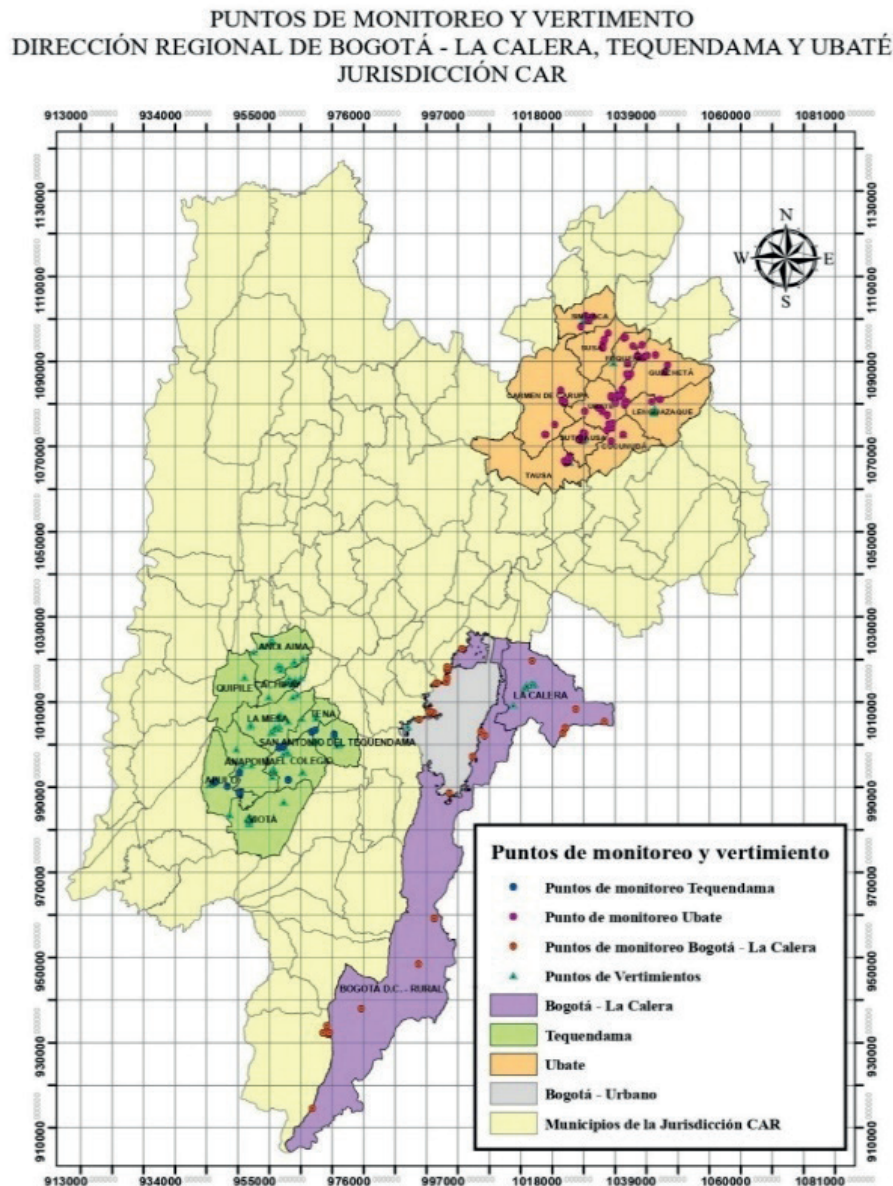
Nota. Proyecto de Investigación UNISALLE-CAR, 2020.

Adicionalmente, en esta etapa se revisaron las caracterizaciones con el levantamiento de información asociada a vertimientos en cuanto a puntos de vertimiento y puntos de monitoreo. En este sentido, la CAR Cundinamarca realiza el seguimiento al recurso hídrico en su jurisdicción sobre diez cuencas hidrográficas correspondientes a los ríos Bogotá, Sumapaz, Seco y otros afluentes directos al Magdalena, Alto Suárez, Medio y Bajo Suárez, Carare, Negro,

Guayuriba, Garagoa y Guavio, a través del monitoreo y análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos distribuidos en dos campañas realizadas anualmente con el fin de verificar el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente. En la Figura 5 se aprecia un ejemplo de los puntos de monitoreo y vertimiento en la Dirección Regional Bogotá; en la tabla 6 aparece un ejemplo de la caracterización de vertimientos para la Regional Bogotá – La Calera.

Figura 5.

Puntos de monitoreo y vertimiento en la Dirección Regional Bogotá

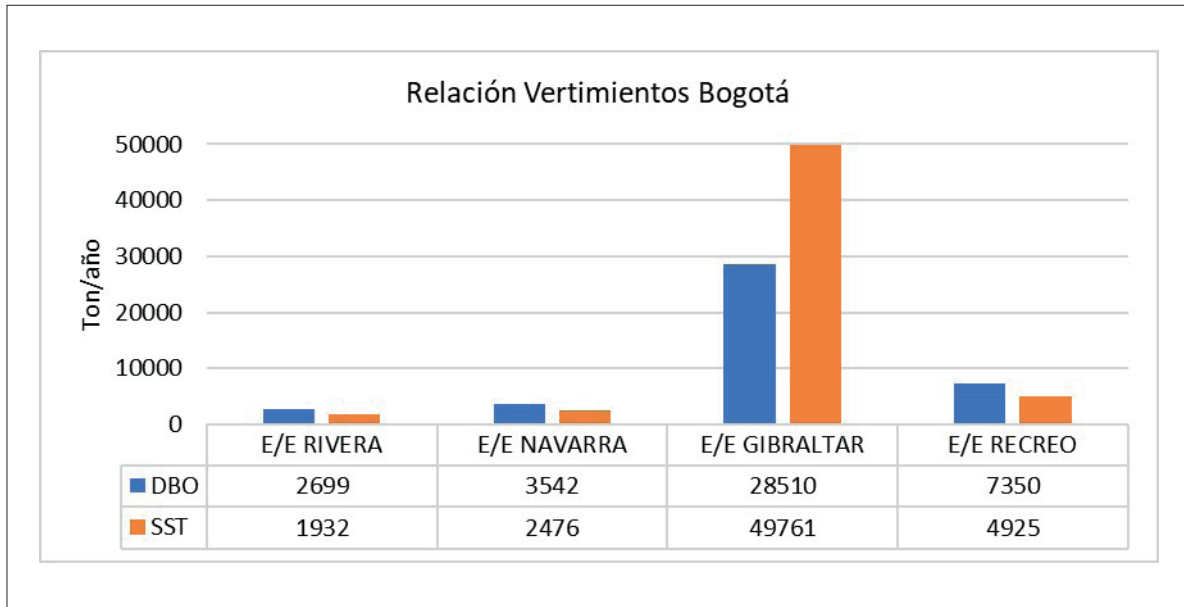


Nota. Adaptado de datos abiertos CAR, 2020.

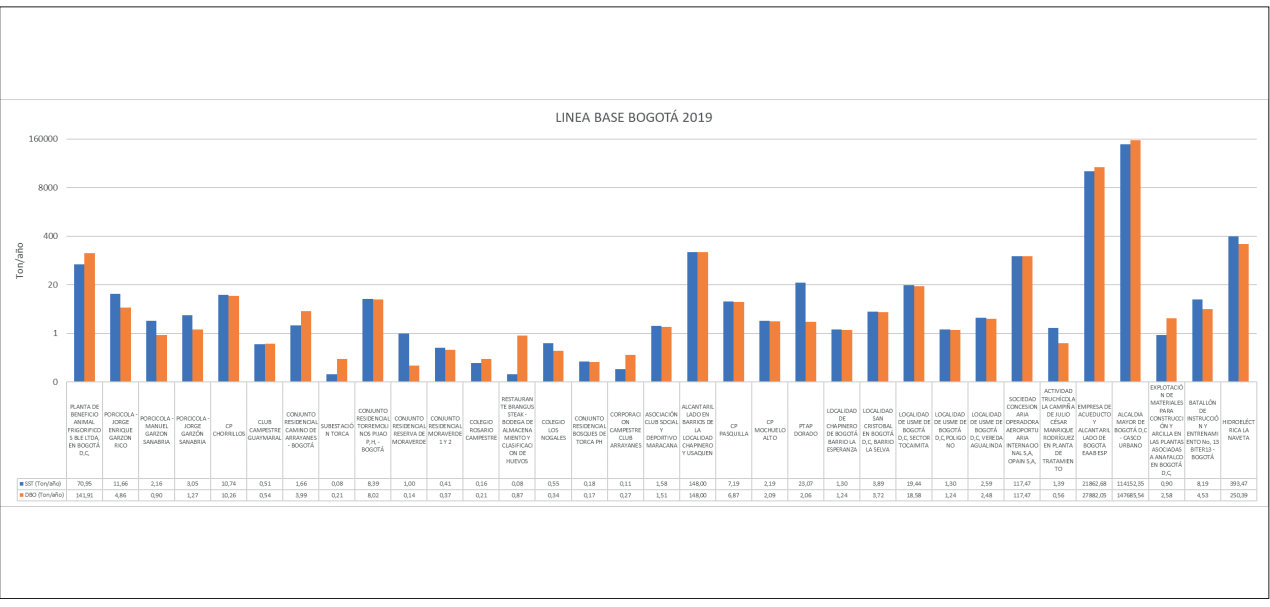
Tabla 6

Caracterización de vertimientos y línea base para la jurisdicción regional Bogotá - La Calera

De acuerdo con los datos obtenidos, se registran cuatro puntos de vertimiento de cargas proyectadas de Demanda Biológica de Oxígeno [DBO] y Sólidos Suspendedos Totales [SST], donde el vertimiento E/E Gibraltar presenta cargas contaminantes anormales a comparación de los otros puntos de vertimiento.



Para la línea base de 2019 de Bogotá, la carga más desproporcional de DBO y SST pertenece a la prestación del servicio de alcantarillado en sectores sin cobertura de Bogotá, vertimientos indirectos al río Bogotá, al igual que las estaciones Elevadora Navarra, Rivera, Gibraltar, Recreo y PTAR El Salitre. En su mayoría, las actividades o servicios registrados son de PTAR, conjuntos residenciales y colegios, que aportan cargas contaminantes de agua residual doméstica, se registra también las cargas por actividad porcícola, de beneficio animal, actividad truchícola y explotación de materiales para construcción donde no aportan grandes cargas contaminantes de DBO y SST a comparación.



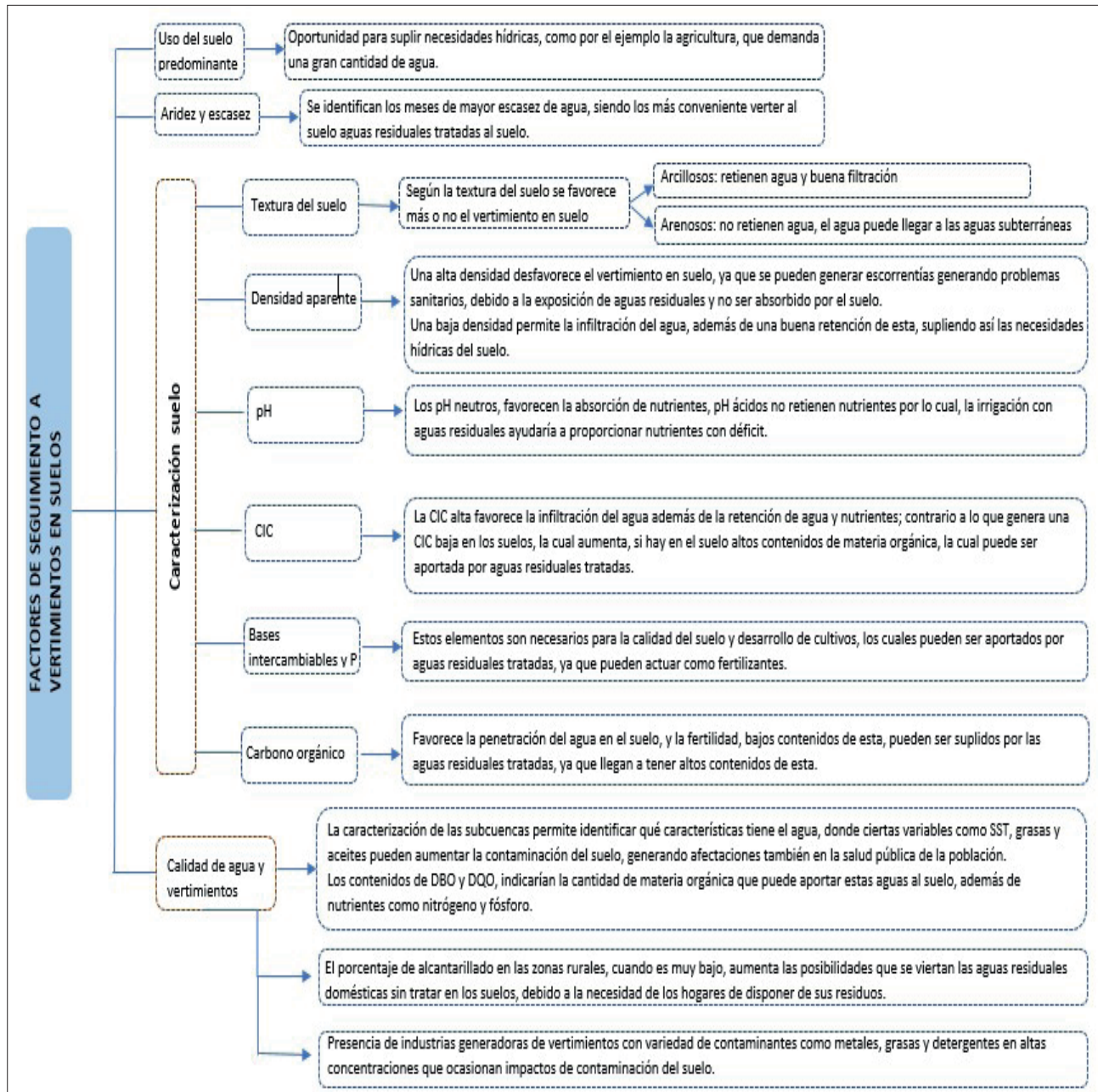
Nota. Proyecto de Investigación UNISALLE-CAR, 2020.

Todos estos datos se superponen para relacionar los factores que se deben tener en cuenta con el fin de evitar impactos al suelo y a la salud humana. De esta forma se facilitará la elección de los sitios de disposición de aguas residuales en suelos, con el fin de lograr beneficios y reducir los riesgos. La figura 6 presenta los factores de seguimiento a vertimientos en suelo con la información seleccionada.

- Uso del suelo predominante.
- Aridez y escasez.
- Caracterización fisicoquímica del suelo.
- Calidad de vertimientos.
- Alcantarillados en la zona.
- Aspectos socio-económicos.

Figura 6

Factores de seguimiento a vertimiento en suelo



Nota. Proyecto de Investigación UNISALLE-CAR, 2020.

Como punto final, con la información obtenida se determinó la afectación a la biota del suelo por los parámetros de vertimientos en bases de datos. En ese rastreo se encontraron más de cincuenta artículos asociados a micro, meso, macro y mega biota afectada, lo que implica que hay una afectación debida a esta actividad. En la tabla 7 se aprecian algunos de los

estudios encontrados sobre dicho efecto, todos ellos indican alteraciones negativas sobre la salud del recurso natural en especial sobre la biota del suelo (Vácha *et al.*, 2010; Cui *et al.*, 2016; Gaetano *et al.*, 2013), algunos de ellos causan problemas de salud pública, ya que en humanos originan dolores intestinales, diarrea, fiebre y escalofríos, entre otros (PSU, 2020).

Tabla 7

Estudios encontrados sobre afectaciones por vertimientos a la Biota del suelo

Sector de vertimiento al Suelo	Parámetro y Afectación al recurso general
Aguas Residuales Domésticas Tratadas	Ca, Mg, Zn, Cu Lo más resaltante son los valores que se presentan en el área de producción agrícola, lo que supone un grave peligro para las plantas y animales que habitan ese suelo y para los consumidores de la vegetación que se inicia en los herbívoros y culmina en los humanos
Alimentos y bebidas	pH, contenido en materia orgánica y arcilla, potencial re- dox, contenido en nutrientes, actividad microbiológica. Consecuencias en el medio ambiente y en la salud humana que puede traer consigo la inadecuada manipulación o utilización de agroquímicos, y las demás acciones que se llevan a cabo al implementar un cultivo
Fabricación y manufactura de bienes (producción de tabaco)	pH, materia orgánica Se evalúa la incorporación excesiva de agrotóxicos en el suelo, que ocasiona que el mismo se vuelva infértil. Algunos autores determinaron la acción de la microfauna y de la flora necesaria para la conservación, fijación y asimilación de nutrientes de la atmósfera en el suelo, en Argentina.
Hidrocarburos	Hidrocarburos Totales (HTP) Evalúan un suelo contaminado que colinda a un taller de mantenimiento de vehículos. Dicho taller manipula y almacena productos derivados del petróleo los cuales son vertidos en el suelo. Se determinó la textura y se utilizó la cromatografía de gases para identificar las Fracciones de Hidrocarburos. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) Se investigó la influencia de la carga extrema del suelo con hidrocarburos aromáticos policíclicos [HAP] en las plantas, el cual se debe principalmente a las características químicas de las sustancias (el número y la posición de los núcleos aromáticos); y a las características del suelo (contenido y calidad de MO), y de las plantas (especies y cuerpos vegetales). Se informa de una concentración letal (CL50) inferior a 10 µg/L para varios organismos, incluido el místico (<i>Mysidacea</i>). BTEX (Benceno, Tolueno, Xileno, Etil-Benceno) Se investigó el patrón de propagación de los compuestos BTEX en zonas saturadas y no saturadas del suelo. El resultado de 180mm/h pertenece a un suelo de tipo limo, el de 44,17mm/h es de un suelo franco-arenoso, 4,6mm/h de un suelo franco-limoso y el de 1,21mm/h es de un suelo arcillo-arenoso. La propagación de estos contaminantes en el suelo se realiza mediante los procesos de flujo y de transporte. Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX), TX, metales pesados (Cu, Cd, Zn y Pb), pH, N Total, P Total, CIC, MO, SST, DQO, Ca, Mg, Na. Se estudió la calidad del suelo de un sistema de humedales de riego con aguas residuales en Yancheng, China. El suelo del humedal mostró diferentes contenidos de TX, AOX y metales pesados. Las concentraciones de metales eran inferiores a la "Norma de Calidad Ambiental para Suelos" de China; sin embargo, el Cd estaba por encima del nivel de contaminación. Las concentraciones de AOX y TX fueron similares; el suelo superior tenía mayor concentración que el subsuelo, esto se le

	atribuye a su atenuación en el entorno del suelo, pues se informó que dos ciliados multicontaminantes (<i>CHAenea teres</i> y <i>Hemiophrys pleurosigma</i>) y una ameba (<i>Harmannella cantabrigiensis</i>) emergieron y colonizaron el suelo regado con aguas residuales. El pH oscilaba entre 8,0 y 8,7, debido a la alta concentración de Na, Ca y Mg. Las concentraciones de N y P fueron mayores cuando el riego fue de 10 años, esto también aumenta el contenido de MO y mejora las condiciones de nutrientes debido a la alta DQO de las aguas residuales.
Aguas Residuales Domesticas	pH, CE, CIC Se observó un efecto directo de los vertimientos de ASD en los suelos, lo que afecta los parámetros fisicoquímicos y los factores biológicos como la cobertura vegetal, meso- y microfauna, por lo cual se evidencian procesos de pérdidas de fertilidad y acumulación de MO no degradada, generando problemas de salud pública.
	Sulfatos Se pueden presentar cambios negativos en la estructura del suelo, asociados a la acumulación de Ion Sodio en el complejo de cambio.
Agroindustria	Coliformes Totales Impacto microbiológico de tres fuentes diferentes de aguas residuales municipales tratadas en el sistema suelo-árbol de un huerto de nectarinas. Se confirmó que los Coliformes Totales, Coliformes Fecales, E. coli y Salmonella cpp, son ubicuos en este ambiente agrícola y la contaminación por E. coli en la superficie de las frutas no fue despreciable cuando las parcelas se regaron en los años analizados. Este estudio apoya la hipótesis de que las aguas de riego de muy baja calidad no se pueden utilizar de forma segura en un huerto de nectarinas porque representan un riesgo de infección humana.
	Cadmio y Plomo Hubo un efecto promisorio con el uso de las aguas residuales ya que estas contribuyeron a mejorar la fertilidad del suelo; sin embargo, su uso prolongado incrementó los contenidos de cadmio y plomo en el suelo a niveles que pudieran implicar riesgos a la salud por la probable contaminación de los cultivos con metales pesados.

Nota. Curso de Suelos Unisalle, 2022.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, y los resultados obtenidos en el proceso de consulta y análisis de información interdisciplinar, se pone de presente que el simple hecho de verificar unas cargas contaminantes en el vertimiento a una tasa de infiltración específica, como lo indica la Resolución 699/2021, no es suficiente; han de tenerse en cuenta los factores analizados en la metodología y mediante el uso de los sistemas geográficos de información puede realmente tomarse una decisión en cuanto al otorgamiento de un permiso de vertimiento, para no incurrir en la violación de la Ley 2111/2021 (Congreso de la República) y evitar poner en peligro la salud humana y los recursos naturales. El Geovisor permite superponer zonas desde el suelo, los vertimientos y las características socioeconómicas para visualizar los lugares aptos y tomar una decisión mucho más acertada. El caso de estudio en la jurisdicción CAR Cundinamarca presenta la metodología efectiva en este tipo de casos porque abarca toda la información disponible asociada y la visualiza fácilmente. En estos contextos,

el papel de la Policía Ambiental y Ecológica es clave, ya que la Policía Nacional se convierte en un nodo de interconexión entre una serie de entidades con las cuales se puede obtener la información requerida. Esto sucede ya que su presencia asegura la integridad de la información, así como un análisis pertinente de la misma, por su carácter técnico especializado.

■ Conclusiones

El vertimiento en suelo puede considerarse como una alternativa de disposición final de aguas residuales; sin embargo, es necesario que el agua haya sido tratada y que la caracterización de los suelos, así como el conjunto de variables socioeconómicas tales como datos poblacionales, actividades productivas y uso del suelo, sean tenidos en cuenta, por lo que el monitoreo integral cobra relevancia para llevar a cabo un control adecuado de estos vertimientos en el recurso suelo.

Los resultados del estudio de la afectación de la biota del suelo indican que hay múltiples investigaciones asociadas al impacto por vertimientos en la misma; sin embargo, son casos muy puntuales desarrollados fuera de Colombia, por lo que debe propenderse por su fomento para evidenciar claramente cómo se dan las afectaciones.

La Policía Ambiental y Ecológica puede jugar un papel importante como garante de protección ante la contaminación del suelo, ya que puede fungir el rol de articuladora entre entidades, funcionarios e información para obtener los datos necesarios al tomar decisiones en materia de permisos de vertimientos en suelo. Su presencia a nivel nacional asegura el flujo de la información, así como el análisis de misma por su carácter técnico especializado.

Desafortunadamente, como no existe un procedimiento claro en la Corporación, tanto en el área de Agua como de Suelo, sobre vertimientos al suelo, estos se pueden dar de forma clandestina, lo que genera acumulaciones de materia orgánica, sólidos suspendidos u otros elementos, que pueden llegar a ser tóxicos, afectando la salud de los recursos naturales y de las personas.

■ Recomendaciones

Las características de los suelos pueden cambiar debido a los diferentes usos que se le dan, esto no permite inferir conclusiones concretas en la zona y por ello se propone el uso de Geovisores para visualizar claramente la información, determinar puntos de muestreo y explorar las características de la influencia de los vertimientos en suelos. Este proceso de recopilación y análisis de información será útil para la toma de decisiones en los territorios.

La identificación de sitios de disposición hace necesaria la recopilación de información multidisciplinar en los sitios puntuales, con información específica en cada zona, que agrupe análisis fisicoquímicos de suelos, vertidos y biota, entre otros.

Instituciones públicas como la CAR Cundinamarca y el IGAC deben propender por generar

información compatible, accesible y complementaria con la cual se puedan monitorear procesos ambientales que hoy en día se están regulando sin un conocimiento completo de la situación existente.

La Policía Ambiental y Ecológica debe fomentar el uso de herramientas tecnológicas como los sistemas geográficos de información para visualizar fácilmente el volumen de datos requerido para tomar decisiones acertadas en cuanto al otorgamiento de permisos de vertimientos en suelo.

■ Referencias

- Congreso de la República (2021) *Ley 2111 de 2021. Por medio del cual se sustituye el título XI "de los delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente" de la ley 599 de 2000, se modifica la ley 906 de 2004 y se dictan otras disposiciones.* <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=167988>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR] (2015). *Mapa Jurisdicción CAR.* <https://www.car.gov.co/uploads/files/62eacc00dab4d.pdf>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR] (2020). *Dirección de Monitoreo, Modelamiento y Laboratorio Ambiental. Información de línea base para el proceso de concertación de metas de carga contaminante, quinquenio 2016-2020.*
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR] (s.f.). *Jurisdicción CAR.* <https://www.car.gov.co/vercontenido/7>
- Cui, L., Tianming Chen, C. D., Zhaoxia, L., Jinlong Yan, Y. L., Xian Niu, A. C., y Wenjun, Y. (2016). Spatial distribution of total halogenated organic compounds (TX), adsorbable organic halogens (AOX), and heavy metals in wetland soil irrigated with pulp and paper wastewater. *Chemical Speciation & Bioavailability*, (29), 15-24. <https://doi.org/10.1080/09542299.2016.1252692>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE] (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda.* <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivienda-2018>
- Food and Agriculture Organization [FAO] (2020). *Textura de los suelos, propiedades físicas.* http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Tra

- ining/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm#:~:text=La%20textura%20indica%20el%20contenido,el%20suelo%20y%20lo%20atraviesa
- Gaetano, A., Camposeo, S., Rubino, P., y Lonigro, A. (2013). Microbial impact of different types of municipal wastewaters used to irrigate nectarines in Southern Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, (181), 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.09.006>
- Ibáñez, J. (2006). *El Agua en el Suelo 4: Textura del Suelo y Propiedades Hídricas*. <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/07/05/33887>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC] (2014). *Clasificación de las tierras por su capacidad de uso*. <http://igacnet2.igac.gov.co/intranet/User-Files/File/procedimientos/instructivos/2014/M40100-02%2014V2%20Para%20la%20clasificacion%20de%20las%20tierras%20por%20su%20capacidad%20de%20uso.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021). Resolución 699 (06 de julio de 2021).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015). *Norma de Vertimientos Puntuales a Cuerpos de Aguas Superficiales y a los Sistemas de Alcantarillado Público*.
- Presidencia de la República (2018). Decreto 50 (16 de enero de 2018).
- Policía Nacional de Colombia (2022). *Perfil de los grupos de Protección Ambiental y Ecológica de la Policía Nacional*. <https://www.policia.gov.co/especializados/ambiental/perfil>
- Proyecto de Investigación UNISALLE-CAR (2020). *Generación de modelos de seguimiento de erosión, salinidad e impacto por disposición de vertimientos en suelos en la jurisdicción de la CAR*. Universidad de La Salle, CAR Cundinamarca.
- PSU. (19 de octubre de 2020). *PennState Extension*. Obtenido de Bacterias Coliformes. <https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>
- Secretaría Distrital de Ambiente (2009). Resolución 3957 (19 de junio de 2009).
- Semarnat (2006). *Guía Técnica para Orientar en la Elaboración de Estudios de Caracterización de Sitios Contaminados*. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CD001086.pdf>
- Universidad Centroamericana José Simeón Cañas [UCA] (1996). *Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz no. 200 (75 m) en agregado mineral por lavado*. Universidad Centroamericana José Simón Cañas. <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoAgregados/GRANULOMETRIA.pdf>
- Vácha, R., Čechmánková, J., y Skála, J. (2010). Polycyclic aromatic hydrocarbons in soil and selected plants. *Plant soil environ*, (56), 434-443. <https://doi.org/10.17221/7/2010-PSE>